

金沢大学工学部 正会員 小野 一良

〃 〃 〇伊藤義男

鉄道線の軌道が受ける衝撃の大部分の原因はレール面または車輪踏面に生じた傷によると考えられる。著者等はすでにレール面に波状磨耗を生じた場合に軌道が受ける衝撃および振動を測定し、その結果を発表した。車輪踏面にフラット部を生じたときには軌道に大きな衝撃が加えられ、この影響について測定した結果が鉄道技術研究所から発表されている。車輪踏面に無数の小さな傷がある場合にも列車通過時に軌道に激しい振動を生ずることをすでに述べた。今回は特にレール面に傷がある場合またはレール継目落のある場合に軌道が受ける衝撃の大きさを測定し、また実験室内の試験軌道において軌道に衝撃を加えた場合に軌道に生ずる変形および振動を測定した結果を述べる。

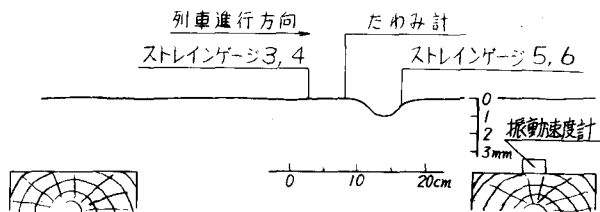


図-1 レール面に生じた空転傷

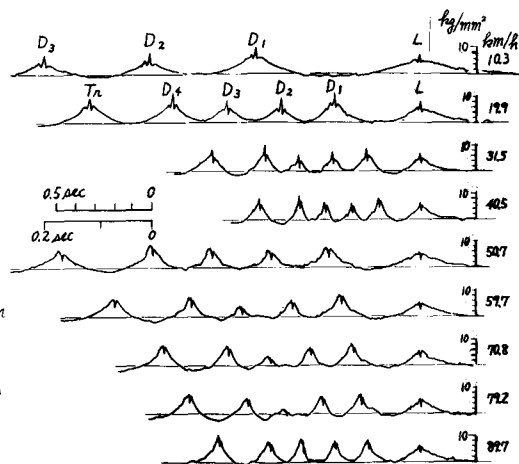


図-2 レールに生ずる曲げ応力の記録

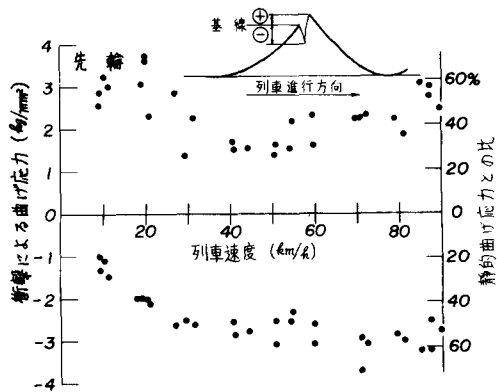


図-3 空転傷によってレールに生ずる曲げ応力

レール面に図-1に示すような空転傷がある箇所をD51型機関車が種々の速度で通過した場合に軌道が受ける衝撃を測定した。軌道構造としては37kg 25mレール、木まくらぎ37丁配置、タイプレートなし、ふるい砂利道床、直線平坦線であった。レールに生ずる曲げ応力の測定記録を図-2に示すが、低速においてはまず負の衝撃が加わり、これに続いて大きな正の衝撃が加えられる。しかし速度が増すと負の衝撃は増すが、正の衝撃は次第に目立たなくなってくる。これは高速になると車輪が空転傷を飛び越えて進むためと考えられる。先輪の通過時にレールに生ずる正負の衝撃による曲げ応力の大きさと列車速度との関係を図-3に示した。低速においては正の衝撃が静的曲げ応力の70%に達する場合がある。つぎに先輪の通過時にレールに生ずるたわみの変化を測定した結果を図-4に示した。衝撃によるたわみの増加は速度20km/hにおいて最大値に達し、その後は減少している。空転傷の下にあるまくらぎにおいて振動速度を測定した結

果を図-5に示した。

先輪の輪重は3.5tであり、オ1動輪の輪重は7.1tであるが、重量の軽い車輪の下では振動速度が非常に大きくなっている。列車速度60 km/hのときに振動速度は最大になっている。

つぎにレール継目落の形状を図-6に示した。この箇所を列車が通るときにレールに生

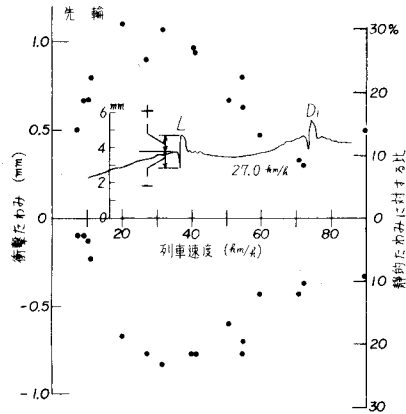


図-4 空転傷によるレールの衝撃たわみ

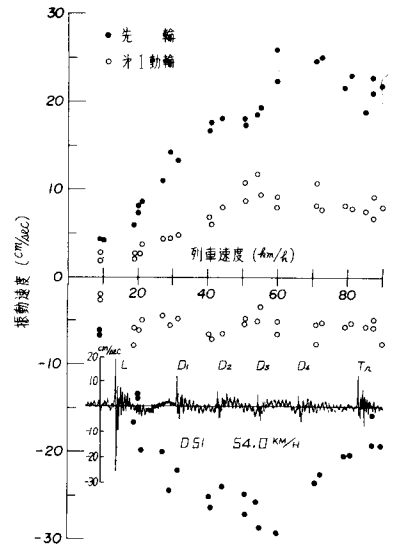


図-5 空転傷によるまくらぎの振動速度

ずる衝撃たわみを測定した結果を図-7に示した。列車速度に比例して衝撃たわみの増加することが認められる。速度90 km/hにおいて衝撃たわみは静的たわみの73%に達している。空転傷の測定結果に比較すればレール継目落のごとく車輪の直径に近

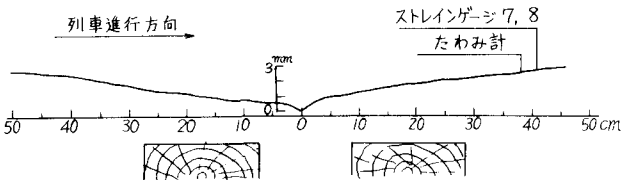


図-6 レールの継目落

い延長を持つ不整部においては列車速度に比例する衝撃を受けるが、空転傷のごとく延長の短い不整部においては速度の増加とともに衝撃の影響が減少するようである。しかし軌道に生ずる振動の測定においては延長の短い不整部と云えども列車速度とともに振動速度の増すことが判明した。

レール面が衝撃を受けた場合に軌道が受ける衝撃の大きさおよび性質を知るため試験軌道の上に車輪を落してレール、まくらぎのたわみ、レールに生ずるせん断応力、曲げ応力、振動速度、加速度、路盤中の土圧の変化を測定した。図-8、9に試験軌道の構造を示すが、軌道延長8 m、50 kg Nレール、PC

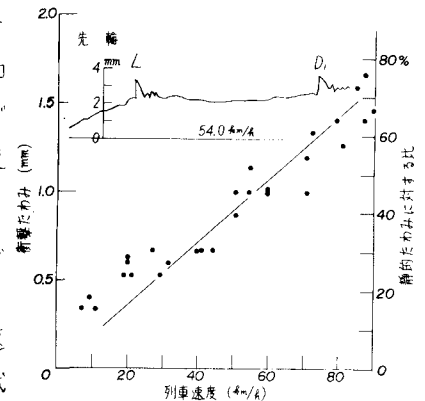


図-7 継目落によるレールの衝撃たわみ

まくらぎ使用、まくらぎ間隔66 cmとした。12 t長軸車輪の片側を支え台で支持し、反対側を棒で支持し、この棒を打撃によって外してレール面に衝撃を加えた。落下高さを50、25、15 mmの3種とした。片側レールに加わる静荷重は560 kgとなる。

図-10には車輪落下によって生ずるレールおよびまくらぎのたわみを示した。記録紙には車輪を支持する棒のはずされる時刻、車輪がレールに接触する時刻、反跳して跳ね上がる時刻が記されるようにした。この図によれば衝撃によるレールとまくらぎのたわみはほぼ等しく、また車輪の落下速度の増

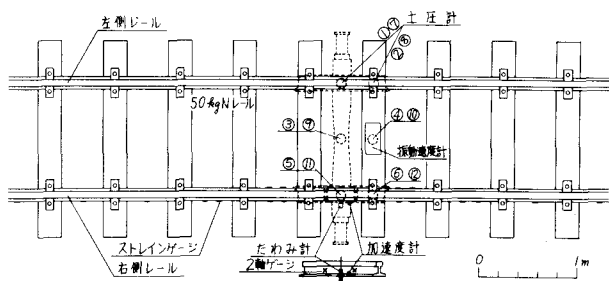


図-8 試験軌道の平面図

加とともにたわみも増すが、増加の割合は比較的に小さい。これはまくらぎと道床砂利との間にいくらかのすきがあり、これがたわみに加わるためと考えられる。

車輪の落下箇所を挟んでレールの腹部に2軸ゲージを貼り付けて車輪落下時におけるせん断応力を測定した。静荷重を加えた場合のせん断応力と比較することによって衝撃力を知ることができ、この結果を図-11に示した。衝撃力が落下速度に比例して増加することが認められる。

落下地点近くのレールおよびまくらぎに振動速度計を取付けて車輪落下時の振動速度を測定した結果を図-12に示した。車輪の落下速度にはほぼ比例した振動速度を生ずることが認められる。まくらぎに生ずる振動速度はレールに生ずる振動速度の1.7倍に達し、まくらぎがレールに跳ね飛ばされて独自の振動をするもののようである。これはまくらぎが軽く道床面に接触している場合に限って可能であり、実際にまくらぎがレールより荷重を受けている場合にはこのような振動は不可能と考えられる。

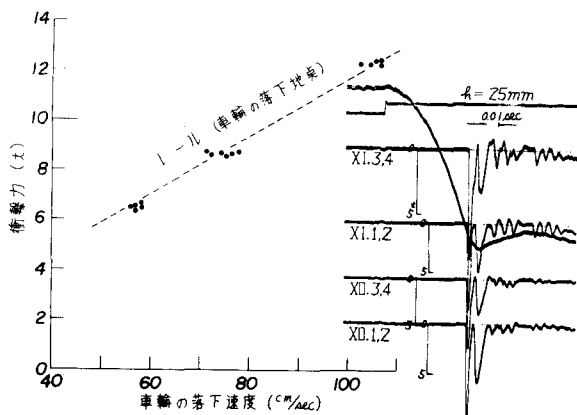


図-11 レール面に加わる衝撃力

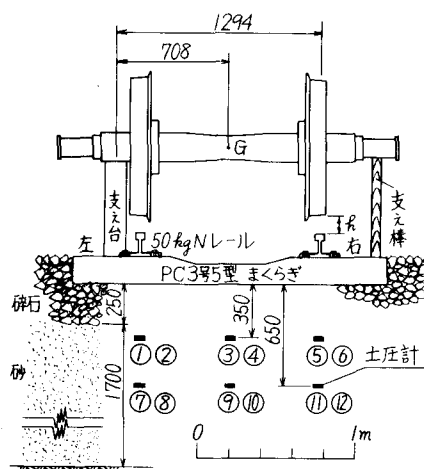


図-9 試験軌道の断面図

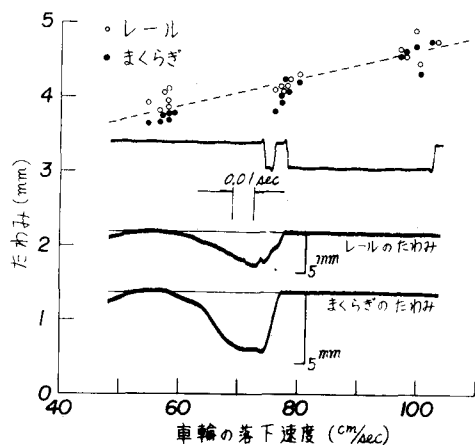


図-10 レールおよびまくらぎのたわみ

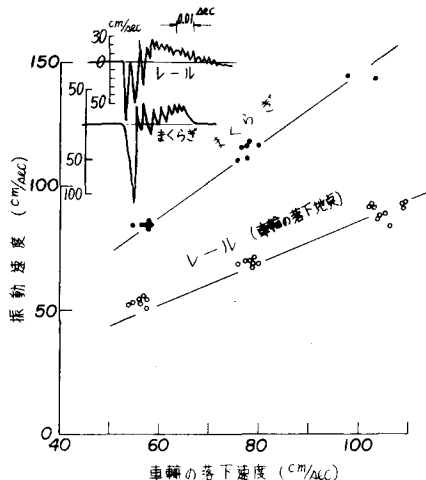


図-12 レールおよびまくらぎの振動速度

車輪落下地点のレールに生ずる振動加速度を測定した結果を図-13に示した。振動加速度は落下速度に比例するようであるが、記録された振動の振動数がガルバノメータの固有振動数に近いのでこの測定値の精度は低く、またさらに大きな加速度を持つ高周波の存在することが予想される。

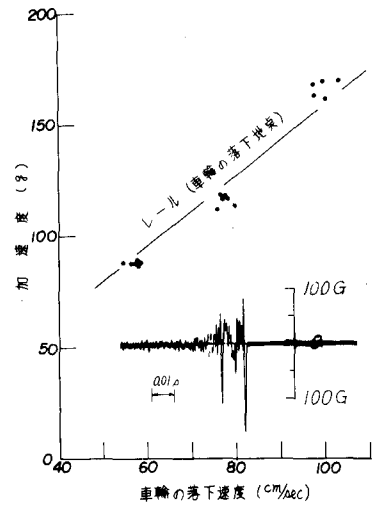


図-13 レールに生ずる振動加速度

車輪落下地点の直下およびこれから順次離れた各点においてレールに生ずる曲げ応力を測定した。レールに生ずる正負の曲げ応力の最大値と落下地点からの距離との関係を図-14に示した。この図の中央にある実線はレールが3寸または6寸の静荷重を受けた場合にレールに生ずる曲げ応力である。静荷重に対しては載荷重より2.5 m離れたところでは曲げ応力がほとんど0となるのであるが、衝撃を受けた場合にはこの点で負の最大の曲げ応力を生じ、衝撃荷重による軌道変形は静荷重の場合に比べて大いに異なることに注意しなくてはならない。

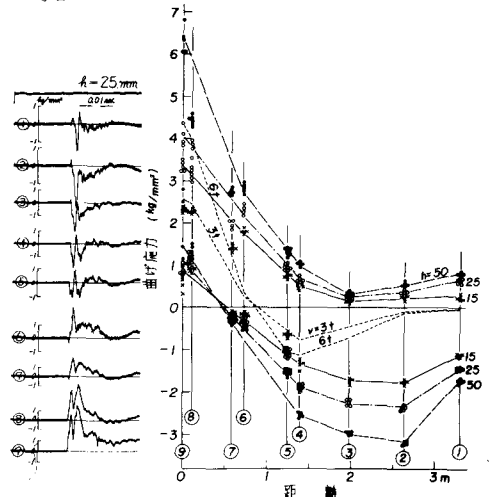


図-14 レールに生ずる静的、衝撃曲げ応力

図-9に示すごとくまくらぎの下面より65 cmの深さの路盤中に埋込んだ土圧計によって路盤中に生ずる圧力の変化を測定した結果を図-15に示した。この図によれば土圧の分布は非常にばらつきが多いが、いずれも車輪の落下速度の増加とともに急激に増加することが認められる。これらの線を左方に延長すれば落下速度が25 cm/secにおいて衝撃による土圧の変化は0となる。この理由としては落下速度が低いときにはまくらぎと道床との間の空隙によって路盤に衝撃が伝達されなかったものと考えられる。

以上の各種の測定結果によれば衝撃荷重による軌道の応答は静荷重の場合に比べて大いに異なり、単に衝撃として静荷重による影響の何%を加えればよいと云うものではなく、別個に考慮しなくてはならないことが判明する。なお車輪落下実験を実際の列車走行によって軌道が受ける衝撃に換算する方法が必要となるが、たとえばレール継目落によってレール走行面に12%の勾配変化があったとき列車速度が25 m/secであれば30 cm/secの速度で車輪がレールにつき当ると見なしてよいと考えられる。

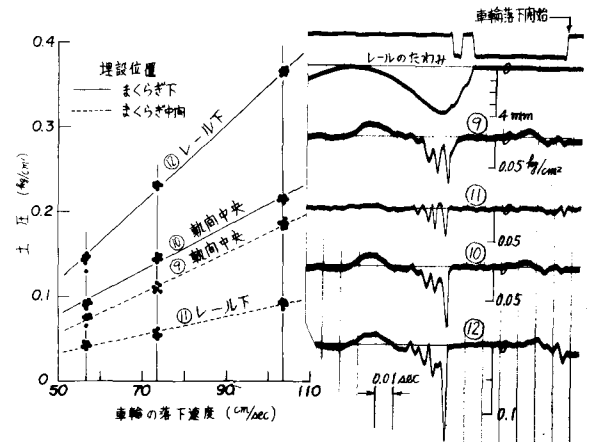


図-15 衝撃による路盤中の土圧